



Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi ile Kastamonu ili Uygun Arıcılık Lokasyonlarının Belirlenmesi

Şule YAMAN

Harita Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon, Türkiye, E-posta: suleyaman98@hotmail.com, ORCID No: 0000-0002-7426-9358

Geliş / Received: 05.10.2025

Kabul / Accepted /: 03.11.2025

Yayımlandı / Published: 27.01.2026

Öz

Türkiye'nin zengin bitki örtüsü, çeşitlilik gösteren topografyası ve uygun iklim koşulları, arıcılığın birçok bölgede yaygın olarak yapılmasına olanak tanımaktadır. Ancak, arıcılık faaliyetlerinden elde edilen verimin artırılması ve doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanılması için uygun arıcılık alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Kastamonu ilinde arıcılık faaliyetlerine en uygun alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ArcGIS yazılımı kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı mekansal analizler yapılmıştır. Analizlerde eğim, bakı, yükseklik, yağış, arazi örtüsü, yollara, akarsulara ve yerleşim yerlerine uzaklık gibi kriterler dikkate alınmış ve ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Kastamonu'nun %93,98'lik bir kısmının arıcılığa uygun nitelikler taşıdığını ortaya koymuştur. Ayrıca mevcut arıcılık sahalarının dağılımı incelenmiş ve bu sahaların önemli bir bölümünün belirlenen uygun alanlarla örtüştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Arıcılık, CBS, Kastamonu, Ağırlıklı çakıştırma analizi

Determination of Suitable Beekeeping Locations in Kastamonu Province Using the Weighted Overlay Method

Abstract

Turkiye's rich vegetation, diverse topography, and favorable climatic conditions enable widespread beekeeping in many regions. However, identifying suitable beekeeping areas is necessary to increase productivity and use natural resources sustainably. This study aimed to identify the most suitable areas for beekeeping in Kastamonu province, located in the Western Black Sea Region. Geographic information system (GIS)-based spatial analyses were conducted using ArcGIS software. The analyses considered criteria such as slope, aspect, elevation, precipitation, land cover, and distance to roads, streams, and settlements, and employed the weighted overlay method. The results revealed that 93.98% of Kastamonu is suitable for beekeeping. Furthermore, the distribution of existing beekeeping sites was examined, and it was determined that a significant portion of these sites overlaps with the identified suitable areas.

Keywords: Beekeeping, GIS, Kastamonu, Weighted overlay analysis

Extended Abstract

Objective: The primary objective of this study is to identify suitable areas for beekeeping in Kastamonu province using a Geographic Information Systems (GIS)-based weighted overlay analysis. Scientifically identifying suitable areas is crucial to the sustainability of beekeeping activities, the protection of ecosystem services, and the support of rural development. In this context, topographic, ecological, and human factors were evaluated

together in the study area, and areas with potential for beekeeping were identified spatially.

Materials and Methods: The study was conducted within the borders of Kastamonu province, located in the Western Black Sea Region. Eight primary criteria were used in the analysis process: elevation, slope, aspect, precipitation, land cover, and distance to water resources, roads, and settlements. The relative importance weights among the criteria were determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, supported by relevant literature. The

suitability classes of each criterion were reclassified, and then weighted overlay analysis was applied in the ArcGIS environment. In the final stage, the resulting suitability map was compared with field-observed hive locations, and the model's spatial accuracy was analyzed.

Results and Discussion: The analysis of the criteria and resulting suitability maps revealed that areas with low to moderate slopes, south- and southeast-facing exposures, proximity to water resources, and rich vegetation have high potential for beekeeping. These areas are generally concentrated in the western and southern parts of the province, offering advantageous locations for both climate and accessibility. Conversely, the suitability level was found to be relatively lower in the northern and eastern parts, where elevations are high, terrain is rugged, and vegetation is sparse.

The analysis determined that 71.3% of Kastamonu is suitable for beekeeping. This rate suggests that the province has environmental and ecological conditions conducive to large-scale beekeeping. The "very suitable" and "suitable" categories are particularly concentrated in areas close to rural settlements, with low slopes and easy access to water resources. The fact that existing hive locations largely overlap with these areas supports the accuracy and reliability of the method used. However, some hives were classified as "less suitable," which may be due to topographic constraints, transportation difficulties, or producers' prioritization of socio-economic factors in site selection.

The findings demonstrate that GIS-based multi-criteria analyses are an effective decision-support tool for planning beekeeping activities. This method enables spatially determining beekeeping potential, providing a scientific basis for planning by both beekeepers and local governments. Furthermore, Kastamonu's topographic diversity and ecological differences lead to regional variations in beekeeping suitability. The unique natural structure of each region plays a decisive role in determining the most suitable areas for beekeeping.

In conclusion, this study conducted in Kastamonu province allowed for the identification of areas suitable for beekeeping using scientific methods and the accurate assessment of existing hive locations. The study serves as an important reference for sustainable beekeeping planning, natural resource management, and rural development.

GİRİŞ

Tüm dünyada yaygın olarak gerçekleştirilen arıcılık faaliyetleri, sadece arıdan elde edilen arı sütü, polen,

bal, balmumu vb. ürünlerle ülke ekonomisine katkı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda diğer canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesine olanak tanımakta ve birçok ülkenin kırsal alanlarının kalkınmasında büyük rol oynamaktadır (Akın ve Yılcıncı 2022; Demir 2023). Arılar, küresel tarımsal üretimin yaklaşık %75'inin doğrudan veya dolaylı olarak tozlaşmaya bağlı olduğu düşünüldüğünde, biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır (IPBES, 2016). Arıcılık, birçok ülkede kırsal nüfus için önemli bir gelir ve istihdam kaynağı sunmakta; özellikle gelişmekte olan bölgelerde küçük çiftçiler için ekonomik güvence sağlamaktadır (Breeze vd. 2014). Dünya genelinde yapılan araştırmalar, arıcılık faaliyetlerinin yalnızca ekonomik değer üretmediğini, aynı zamanda çiçekli bitkilerin üremesini destekleyerek ekosistem fonksiyonlarının sürekliliğini sağladığını göstermektedir (Garibaldi vd. 2013; Potts vd. 2010). Bu bağlamda, arıcılık hem doğal çevre hem de insan toplulukları için çift yönlü fayda sağlayan stratejik bir faaliyet olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye arıcılık faaliyetleri açısından oldukça elverişli koşullara sahiptir; yıl boyunca yaygın çiçeklenme dönemleri, zengin ve çeşitli flora ile uygun coğrafi konumu, bu faaliyetleri ve bu faaliyetlerden elde edilen ürün kalitesini olumlu yönde etkileyen başlıca faktörler olarak öne çıkmaktadır. Arıcılık, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kırsal nüfusa istihdam ve gelir sağlarken, aynı zamanda sağlıklı beslenme imkânı sunması nedeniyle tarımsal faaliyetler arasında ayrıcalıklı bir konuma sahiptir.

Dünya bal üretiminde Türkiye Çin'den sonra en önemli ikinci üreticidir (Burucu ve Gülse Bal 2017; TOB 2024). Türkiye'de arıcılık, deniz seviyesinden yüksek yaylalara kadar uzanan farklı coğrafi alanlarda yapılabilen ve tarımsal üretim içinde önemli bir yer tutan bir faaliyettir. Son yıllarda teknik arıcılık alanında kaydedilen ilerlemeler, dijital sistemler aracılığıyla arıcıların kullanımına sunulmuş ve bu sayede arıcılığın sürdürülebilirliği ile yaygınlaştırılmasına katkı sağlanmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından geliştirilen ve düzenli olarak güncellenen Arıcılık Haritası Sistemi de bu dijital uygulamalardan biri olarak dikkat çekmektedir. Ancak, arıcılık sektörü farklı kurum ve kuruluşlardan destek görmesine rağmen çevresel koşulların olumsuz etkileri, çeşitli hastalıklar ve zararlılar nedeniyle arı kayıpları yaşanmakta ve üretimde düşüşler meydana gelmektedir (TOB 2024). Bu durumun bir yansıması olarak, birçok şehrin arıcılık açısından uygun koşullara sahip olmasına rağmen mevcut potansiyelin yeterince etkin bir şekilde kullanılmadığı görülmektedir (Çağlıyan 2015; Çevrimli ve Sakarya 2019; Mercan 2023).

Tablo 1. Arıcılık yer seçimine yönelik yapılmış çalışmalar ve uygulanan yöntemler**Table 1.** Studies and methods applied for beekeeping site selection

No	Referans	Bölge / Ülke	Yöntem	Çalışma Özeti
1	Abou-Shaara vd. (2023)	Suudi Arabistan	GIS tabanlı uygunluk haritalama	Sıcaklık, nem, toprak örtüsü gibi değişkenlerle zor çevre koşulları altında arıcılığa uygun bölgeler belirlenmiştir.
2	Bareke vd. (2024)	Gedeo, Etiyopya	AHP + Weighted Linear Combination	Etiyopya'nın Gedeo Bölgesi'nde 7 kriter (topo, su kaynakları, flora türleri vs.) kullanılarak arazilerin arıcılığa uygunluğu haritalanmıştır. Alan uygunluk sınıfları önemli oranda "uygun" ve "çok uygun" bölgeleri kapsamaktadır.
3	Ceylan ve Sarı (2017)	Konya, Türkiye	AHP + Weighted Overlay (GIS)	Eğim, yükseklik, bakı, su kaynaklarına mesafe, yerleşim ve yol yakınlığı, yağış ve flora kriterlerinin AHP ile ağırlıkları belirlenmiş, Weighted Overlay yöntemiyle uygunluk haritası üretilmiş; bazı bölgeler yüksek arıcılık potansiyeli göstermiştir.
4	Cotrina-Sanchez vd. (2023)	Amazonas, Peru	MCE + AHP + saha doğrulama	Biyofiziksel ve sosyo-ekonomik kriterler entegre edilerek arıcılık uygunluk analizi yapılmış, uydu verileri + saha doğrulama ile "yüksek uygun" alanlar belirlenmiştir.
5	Demir (2023)	Kars, Türkiye	CBS + AHP	Kars ili için kriter ağırlıkları AHP ile hesaplanarak uygun sahalar belirlenmiştir. Bölgesel iklim ve topografya faktörleri analiz edilmiştir.
6	Elmastaş vd. (2022)	Adıyaman, Türkiye	GIS + Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV)	Adıyaman için doğal ve beşeri faktörler birlikte değerlendirilmiş alanlar uygunluk derecelerine göre sınıflandırılmıştır. Flora, topoğrafya, iklimsel değişkenler ile yerleşim etkenleri haritalama işine dahil edilmiştir.
7	Maris vd. (2008)	Malezya	AHP + MCE / Weighted Overlay	Malezya'da arıların biyolojik gereksinimlerine dayalı parametrisasyon yapılarak arıcılığa uygun alanların mekansal zonlanması gerçekleştirilmiştir. Çok kriterli değerlendirme (MCE) ile flora, iklim ve topografik faktörler birlikte analiz edilmiştir.
8	Mercan (2023)	Bitlis, Türkiye	GIS + AHP + Weighted Overlay	NDVI, topoğrafya, yağış ve mesafe kriterleri dahil 11 ana ve 74 alt kriterle uygunluk analizi yapılmış, en uygun arıcılık alanları haritalandırılmıştır.
9	Roque vd. (2024)	Portekiz	AHP + GIS	Arıcılık potansiyeli açısından kontrollü bir alan çalışması; AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve GIS kullanılarak uygunluk haritası çıkarılmıştır.
10	Sarı vd. (2020b)	Konya, Türkiye	AHP, TOPSIS, VIKOR (karşılaştırmalı)	Kriterlerin ağırlıkları AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri karşılaştırılmış yöntemler benzer sonuçlar verse de CBS uyumu nedeniyle AHP daha uygun bulunmuştur.
11	Tennakoon vd. (2023)	Queensland, Avustralya	Fuzzy AHP + Fuzzy Overlay	Zamansal ve mekansal değişkenlerin dâhil edildiği analizde, arıcılık uygunluğu mevsimsel olarak modellenmiştir. Fuzzy AHP ile belirsizlikler hesaba katılmış, Fuzzy Overlay yöntemiyle daha esnek uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

12	Weldetatiyos (2025)	Atsbi-Wemberta, Etiyopya	GIS + MCDA + AHP	7 temel faktör (sıcaklık, yağış, arazi örtüsü, nehir/ yol uzaklığı, yükselti, bakı) kullanılarak analizi yapılmıştır. Uygun alan sınıfları "çok uygun / uygun / az uygun / uygun olmayan" şeklinde tasnif edilmiş, saha doğrulaması yapılmıştır.
13	Yalçın vd. (2019)	İzmir, Türkiye	GIS + Weighted Overlay	Karaburun, Çeşme ve Urla ilçelerinde arıcılığa uygun alanlar tespit edilmiştir. Floristik çeşitlilik ve coğrafi faktörler öne çıkarılmıştır.
14	Yaman ve Yaman (2023)	Bolu, Türkiye	ArcGIS + Weighted Overlay	Eğim, bakı, yükseklik, yağış, bitki örtüsü ve uzaklık kriterleri ile arıcılık uygunluk haritası üretilmiş ve Bolu'nun büyük bölümünde yüksek uygunluk bulunmuştur.
15	Yaman ve Yaman (2024)	Sinop, Türkiye	Weighted Overlay	Eğim, bakı, yükseklik, yağış, bitki örtüsü ve uzaklık kriterleri ile Sinop arıcılık için uygun alanlar tespit edilmiştir.
16	Yılmaz vd. (2021)	Artvin, Türkiye	ArcGIS + Weighted Overlay	Flora, suya uzaklık, bakı, yükseklik, yağış ve eğim parametreleriyle en uygun arıcılık alanları belirlenmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği Karadeniz bölgesinde kestane ormanları bakımından öne çıkan Kastamonu ili, zengin orman varlığı ve bitki örtüsü çeşitliliği ile kestane balı üretiminde kritik bir konuma sahiptir. Abana ve Bozkurt yörelerinde yapılan floristik çalışmalar, kestane ormanlarının barındırdığı nektar ve polen kaynaklarının arıcılık için oldukça elverişli olduğunu göstermektedir (Yiğit vd. 2023). Coğrafi işaret tescili ile de desteklenen Kastamonu kestane balı, kaliteli ve saygın bir ürün olarak tanınmaktadır (TÜRK PATENT 2022). Ayrıca sınırlı tarımsal üretim olanakları, yerel çiftçileri arıcılığı ek gelir kaynağı olarak tercih etmeye yönlendirmektedir (Burucu ve Gülse Bal, 2018). Ancak bu ekolojik ve floristik zenginliğe rağmen, TÜİK bal üretim verilerinde Kastamonu'nun potansiyelinin tam olarak ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu nedenle, arıcılık faaliyetlerinin etkin ve verimli bir şekilde yürütülebilmesi için uygun alanların belirlenmesi kritik öneme sahiptir. İllerin sahip olduğu doğal kaynaklar ve ekolojik özellikler dikkate alınarak yapılan arazi uygunluk analizleri, tarımsal faaliyetlerin planlanmasında önemli bir çözüm aracı sunmaktadır. Bu analizler sayesinde, belirli bir amaç için en uygun arazi alanları tespit edilebilmekte ve üretim verimliliği artırılarak kırsal kalkınmaya katkı sağlanabilmektedir (Estoque ve Murayama 2011; Mercan, 2023; Sarı vd., 2020a). Arazi uygunluğu değerlendirmelerinde farklı çevresel ve topografik değişkenlerin etkileri ve önem dereceleri bir arada ele alınarak, en uygun alanlar belirlenmektedir (Everest ve Gür 2022; Mercan 2023). Böylece üreticilere, yer seçiminde daha bilinçli tercihler yapabilecekleri alternatifler sunulmakta ve potansiyel açısından verimli araziler öncelikli olarak kullanılabilir (Mercan 2023).

Bu amaçla coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı ağırlıklı çakıştırma (Weighted Overlay) analizi, çeşitli çevresel ve topografik kriterleri bir araya getirerek en uygun arıcılık bölgelerinin tespit edilmesine olanak

sağlamaktadır. Bu analizlerin uygun yerlerin belirlenmesinde kullanıldığı birçok çalışma mevcut olup bu çalışmalardan bazıları Tablo 1'de toplanmıştır.

Genel olarak yapılan çalışmalarda arıcılık için uygunluk analizlerinde ortak olarak ele alınan kriterler; arazinin yükseklik, eğim ve bakı değerleri, toprak ve bitki örtüsü özellikleri, su kaynaklarına ve yerleşim alanlarına olan uzaklık ile iklimsel ve meteorolojik koşullar gibi faktörleri kapsamaktadır. Ayrıca, bu analizlerde farklı coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı ÇKKV yöntemleri (AHP, Fuzzy AHP, MCE, Weighted Overlay) kullanılarak, hem doğal hem de beşeri faktörler bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmektedir.

Bu doğrultuda, çalışmada Kastamonu ili ve ilçeleri için uygun arıcılık yerleri ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) analizi ile belirlenmiş ve mevcut arıcılık lokasyonlarının uygunluk haritası ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

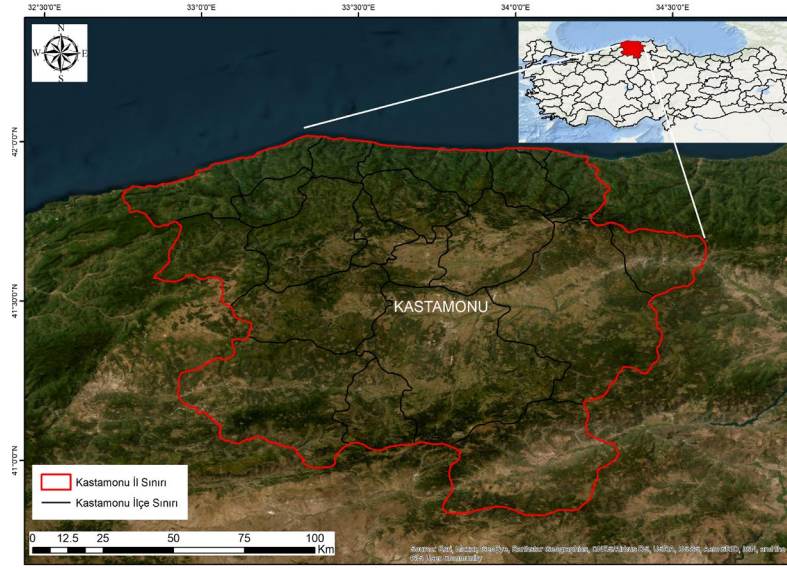
MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Alanı Seçimi

Kastamonu ili, Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup 41°21' kuzey enlemi ile 33°46' doğu boylamları arasında konumlanmaktadır. İlin yüzölçümü 13.108 km² olup, toplam alanın yaklaşık %66'sı ormanlarla kaplıdır (KASTABİL 2023). Zengin orman varlığı, geniş bitki örtüsü çeşitliliği ve farklı ekolojik nişlere olanak sağlayan topografik yapısı sayesinde arıcılık faaliyetleri için önemli bir potansiyel taşımaktadır. Yüksek rakımlı dağlık alanlardan alçak ovalara kadar uzanan topografya, akarsu ağları ve iklimsel çeşitlilik, arıcılık açısından sürdürülebilir üretim koşullarını desteklemektedir. Ayrıca, Kastamonu ili arıcılık faaliyetlerinin yaygın olarak gerçekleştirildiği

bölgelerden biri olup, hem bitki örtüsü çeşitliliği hem de mevcut kovan varlığı bakımından dikkat çekmektedir. Bu nedenlerle Kastamonu ili, arıcılığa

uygunluk analizinde çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1.).



Şekil 1. Çalışma Alanı, Figure 1. Study area

Kriter Seçimi

Arıcılık faaliyetlerinde uygun alanların belirlenmesi için seçilen kriterler, literatürde bildirilen çalışmalar ve bölgeye özgü ekolojik-topografik özellikler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Ceylan ve Sarı 2017; Koucher 2019; Maris vd. 2008; Tennakoon vd.

2023; Weldetatiyos 2025; Yaman ve Yaman 2023; Yaman ve Yaman 2024; Zoccali vd. 2017).

Belirlenen kriterler, arıcılık verimi ve kalitesi üzerinde doğrudan etkili olan topografik, hidrolojik, iklimsel, bitki örtüsü ve ulaşım/erişim faktörlerini kapsamaktadır. Her bir kriterin açıklaması ve literatür dayanakları Tablo 2'de sunulmuştur

Tablo 2. Kriter seçimi

Table 2. Criterion selection

Kategori	Önerilen Kriter	Açıklama	Referans / Çalışma Önerisi
Topografik	Eğim	Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği, arı kovanlarının konumlandırılması ve üreticilerin lojistik ihtiyaçlarını karşılaması için arazinin eğimi kritik bir faktördür. Arazi eğimi yüksek olan bölgeler, kovanların bakımını ve üretim faaliyetlerini zorlaştırmakta, üretim maliyetini artırmaktadır. Eğimin az olması, arıların uçuş alanını optimize etmekte ve kolonilerin etkin çalışmasını sağlamaktadır.	Ceylan ve Sarı, (2017); Elmastaş vd. (2022)
	Yükselti	Arazi yüksekliği, meteorolojik koşullar ve flora çeşitliliği ile doğrudan ilişkilidir. Yüksek rakımlarda gece sıcaklıklarının düşmesi arıların faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle arılık kurulacak alanlarda optimum aralıkların belirlenmesi önemlidir.	Sarı vd. (2020a)
	Bakı	Arazinin güneşe bakış yönü olarak tanımlanan bakı, hava sıcaklığı ve kovan içi ısının devamlılığı açısından önemlidir. Kovan girişlerinin güney veya güneydoğu	Maris vd. (2008)

		yönüne dönük olması, arıların sabah güneşiyle erken uçuşa geçmesini sağlamak ve kolonilerin günlük faaliyet sürelerini artırmaktadır. Kuzey yönüne bakan alanlar arı aktiviteleri için dezavantajlıdır.	
Hidrolojik	Su kaynaklarına uzaklık	Arılar, yaşamlarını sürdürebilmek ve kovan içi nem dengesini sağlayabilmek için temiz su kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Suya yakınlık, kolonilerin verimini ve üretim kalitesini artıran önemli bir kriterdir.	Zoccali vd. (2017)
İklimsel	Yağmur	Yağış, flora çeşitliliğini ve bitki örtüsü yoğunluğunu etkileyen bir faktördür. Yeterli ve dengeli yağış alan bölgeler, arıcılık üretimi için daha elverişli olup, bitkisel besin kaynaklarının artmasına ve dolayısıyla bal veriminin yükselmesine katkı sağlamaktadır.	Tennakoon vd. (2023)
Bitki örtüsü	Bitki tür çeşitliliği / nektar bitkileri	Bal verimi ve kalitesini doğrudan etkileyen en kritik faktörlerden biridir. Arı kovanlarının çevresinde yeterli sayıda ve çeşitli bitki türlerinin bulunması, besin kaynaklarını artırarak üretim kapasitesini ve balın kalitesini yükseltmektedir.	Koucher (2019)
Ulaşım / Erişim	Yol uzaklığı	Arı kovanlarının güvenli ve erişilebilir alanlarda konumlandırılması, kolonilerin bakımını kolaylaştırmaktadır. Araç yoğunluğunun fazla olduğu karayollarına 200 m, düşük yoğunluklu yollara ise 30 m uzaklıkta kovan yerleştirilmesi önerilmektedir.	Yaman ve Yaman (2023); Arıcılık Yönetmeliği (2011)
	Yerleşim uzaklığı	Yerleşim alanlarından uzaklık, gürültü, pestisit kullanımı ve hava kirliliği gibi olumsuz etkileri minimize etmektedir. Bu durum, arı sağlığı ve üretim kalitesinin korunmasında kritik bir faktördür.	Yalçın vd. (2019)

Veri Temini

Bu çalışmada, mekansal uygunluk analizi ArcGIS 10.7.1 Desktop yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve çalışma alanına ait uygunluk haritası üretilmiştir. Analiz kapsamında ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) yöntemi uygulanmış olup, değerlendirme

sürecinde arazi örtüsü, su kaynaklarına, yola ve yerleşim alanlarına uzaklık, eğim, bakı, yükselti ve yağış verileri kriter olarak kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında analiz için gerekli tüm veriler temin edilmiş, elde edilen verilerin kullanım amacı ve kaynağına ilişkin bilgiler ise Tablo 3'te ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan veriler ve veri kaynakları

Table 3. Data and data sources used in the study

Veri Türü	Kullanım Amacı	Veri Kaynağı
İl ve İlçe Sınırı	Çalışma alanı sınırlarının belirlenmesi	Harita Genel Müdürlüğü
Yerleşim, Yol ve Su Kaynakları	Arıcılık alanlarının erişilebilirliği ve kaynakların tespiti	OpenStreetMap
Sayısal Yükseklik Modeli	Topografik analizler, eğim ve bakı hesaplamaları	USGS Earth Explorer
Yağış	İklimsel kriterlerin değerlendirilmesi	Climate Data
Arazi Örtüsü	Bitki türleri ve kaynaklarının tespiti	CORINE 2018
Arıcılık Yönetmeliği	Yasal çerçeve ve arıcılık standartlarının belirlenmesi	Resmi Gazete

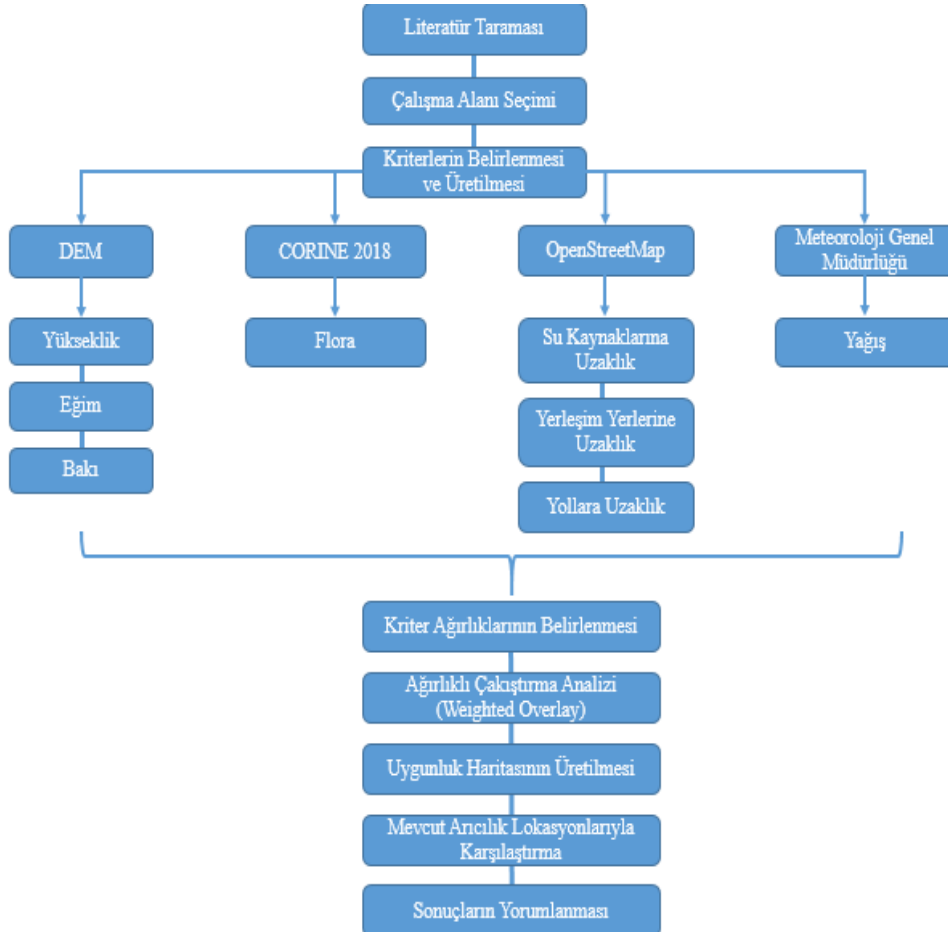
YÖNTEM

Kastamonu ili için arıcılık faaliyetlerine en uygun alanların belirlenmesinde CBS tabanlı ağırlıklı çakıştırma analizi yaklaşımı uygulanmıştır. Bu çerçevede, literatür taraması ve saha çalışmaları sonucunda toplam sekiz kriter belirlenmiştir: arazi eğimi, yükseklik, bakı, arazi örtüsü, su kaynaklarına uzaklık, yol uzaklığı, yerleşim yerlerine uzaklık ve yıllık ortalama yağış miktarı. İlgili kriterler için gerekli veriler, farklı kurum ve kaynaklardan temin edilmiştir; il ve ilçe sınırları Harita Genel Müdürlüğü'nden, yol, yerleşim ve su kaynakları OpenStreetMap'ten, sayısal yükseklik modeli (DEM) USGS Earth Explorer'dan, arazi örtüsü verisi CORINE 2018'den, yağış verileri ise Climate Data'dan sağlanmıştır.

Çalışmanın iş akışı, Şekil 2'de gösterildiği gibi literatür taramasından veri üretimine ve nihai uygunluk haritasının oluşturulmasına kadar sistematik bir şekilde yürütülmüştür.

Poligon formatında temin edilen il ve ilçe sınırları çalışma alanına uygun hale getirilmiş, DEM verisi üzerinden eğim, bakı ve yükseklik haritaları üretilmiş, arazi örtüsü verisi bölgeye uygun bir altlık haline getirilmiş, yağış verileri ise "Kriging enterpolasyonu" ile alansal veriye dönüştürülmüştür. Su kaynakları, yol ve yerleşim yerlerine olan uzaklık katmanları için "multiple buffer" yöntemi uygulanarak yönetmelik kapsamında tampon bölgeler hazırlanmıştır.

Kriterler önem derecelerine göre sınıflandırıldıktan sonra raster formatına dönüştürülen tüm katmanlar, ModelBuilder aracılığıyla ağırlıklı çakıştırma analizi kapsamında ağırlıklandırılmış ve üst üste bindirilmiştir. Bu sayede tüm kriterler bütünlük olarak değerlendirilmiş ve nihai uygunluk haritası elde edilmiştir. Sonuçlar mevcut arıcılık lokasyonları ile karşılaştırılarak uygunluk durumları analiz edilmiştir.



Şekil 2. İş akış şeması

Figure 2. Workflow diagram

Kriter Sınıf Aralıklarının ve Ağırlıklarının Belirlenmesi

Her bir kriter için sınıf aralıklarının belirlenmesinde, daha önce yapılmış benzer çalışmalar ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır (Ceylan ve Sarı 2017;

Demir 2023; Yaman ve Yaman 2024). Bu kapsamda, verilerin minimum ve maksimum değerleri ile dağılım içerisindeki kırılma noktaları göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen sınıf aralıkları, arıcılık faaliyetlerine uygunluk derecelerine göre 1'den 9'a kadar puanlandırılmış ve bu

derecelendirmede 9 en uygun, 1 ise en az uygun alanları temsil etmiştir. Çalışmada kullanılan

kriterlerin sınıf aralıkları ve önem dereceleri Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Kriter sınıf aralıkları ve önem dereceleri

Table 4. Criterion class intervals and importance levels

Kriterler	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yükseklik	2320<	2030-2320	1740-2030	1450-1740	1160-1450	870-1160	580-870	290-580	290>
Eğim	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	25-30	15-25	10-15	0-10
Bakı	Kuzey	KD,KB	-	-	Batı-Doğu	-	-	GD,GB	Güney
Yağış	630	680	730	780	830	880	930	980	980<
Arazi Örtüsü	Şehir Alanları	Kayalık Alan	-	Tarım Alanları	Seyrek Bitki Alanları	-	Çayırlar	Doğal Bitki Alanları	Ormanlar
Su Kaynaklarına Uzaklık	8000<	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000
Yerleşim Yerlerine Uzaklık	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	-
Yollara Uzaklık	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	-	-

Kriter ağırlıklarının doğru şekilde belirlenebilmesi için, çalışma alanına ilişkin uzun dönemli gözlemler, bölgeyi yakından tanıyan uzmanların görüşleri ve zamansal-bölgesel verim analizleri, literatür gibi ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma kapsamında kriterlerin ağırlık değerleri literatür bilgilerinden seçilmiş olup Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kriterler ve ağırlık değerleri

Table 5. Criteria and weight values

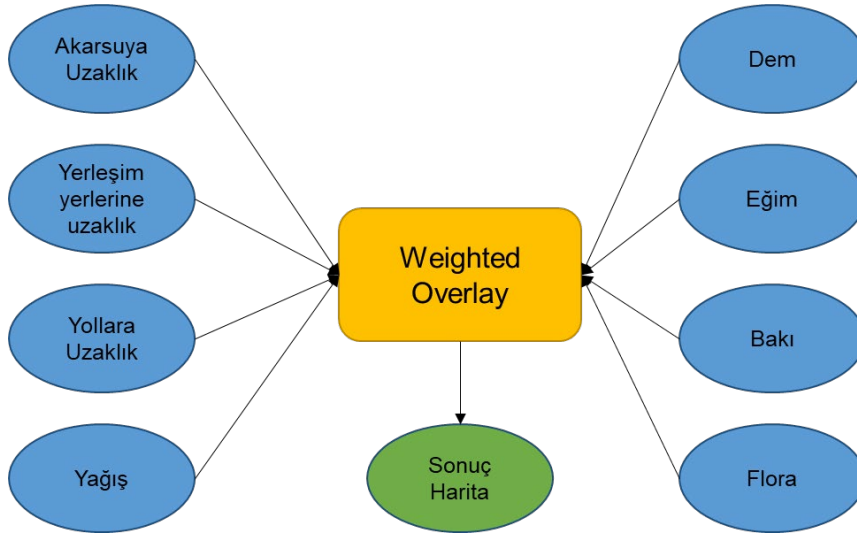
Kriter	Ağırlık Değeri
Arazi Örtüsü	0.44
Su Kaynaklarına Uzaklık	0.15
Bakı	0.12
Yükseklik	0.10
Yağış	0.08
Eğim	0.04
Yollara Uzaklık	0.04
Yerleşime Uzaklık	0.03

Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) Analizi

Ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) analizi, çok katmanlı ve çok ölçütlü değerlendirme ile karar verme süreçlerinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Bu yöntemde, birden fazla raster katman hem birbirlerine göre hem de kendi içlerinde belirlenen ağırlıklarla değerlendirilmekte, ardından üst üste bindirilerek yeni bir katman oluşturulmaktadır. Böylece belirlenen kriterler doğrultusunda uygunluk analizi gerçekleştirilmekte ve elde edilen sonuç katmanı yorumlanmaktadır.

Analiz süreci raster veriler üzerinden yürütüldüğünden, öncelikle temin edilen veriler çalışmaya uygun hâle getirilmiştir. Bu kapsamda, su kaynaklarına, yerleşim yerlerine ve yollara uzaklık gibi vektör formatındaki veriler raster forma dönüştürülmüştür. Sonraki aşamada, analizde sürekli aralık değerlerinden ziyade tekil değerlere ihtiyaç duyulduğundan, ilgili veriler yeniden sınıflandırma yöntemi ile uygun sınıflara dönüştürülmüştür.

Tüm bu ön işlemlerden sonra weighted overlay analizine yönelik model kurulmuş, kriterlere ait ağırlık değerleri modele dahil edilerek analiz uygulanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) modeli

Figure 3. Weighted overlay model

Bu analiz sürecinin arka planında işleyen matematiksel algoritma aşağıda sunulmuştur.

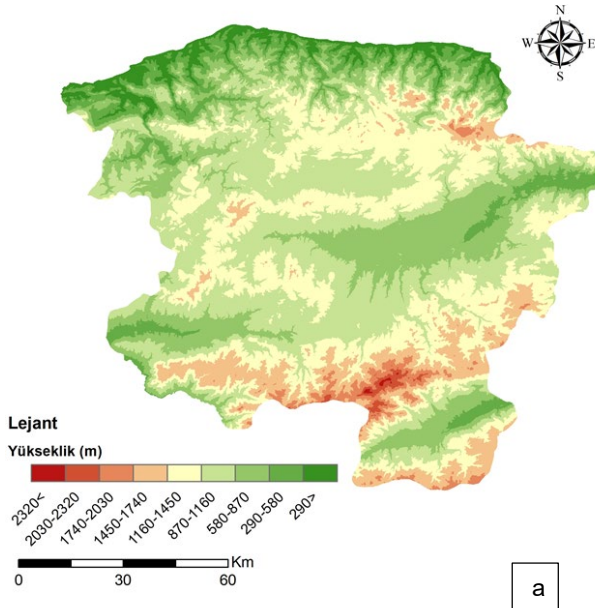
Uygunluk Değeri

$$\begin{aligned}
 &= (Flora * 0.44) \\
 &+ (Su kaynakları * 0.15) \\
 &+ (Bakı * 0.12) + (Yükseklik \\
 &* 0.10) + (Yağış * 0.08) \\
 &+ (Eğim * 0.04) + (Yollar \\
 &* 0.04) + (Yerleşim * 0.03)
 \end{aligned}$$

BULGULAR

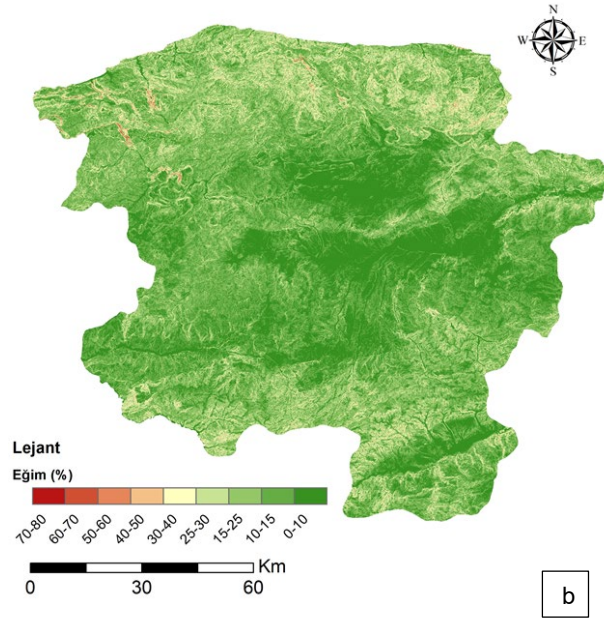
Çalışmada seçilen kriterler kullanılarak yapılan analizler sonucunda oluşturulan yükseklik, eğim, bakı, yağış, arazi örtüsü, su kaynaklarına, yollara ve yerleşim yerlerine olan uzaklık haritaları Şekil 4'te gösterilmiştir.

KASTAMONU YÜKSEKLİK HARİTASI



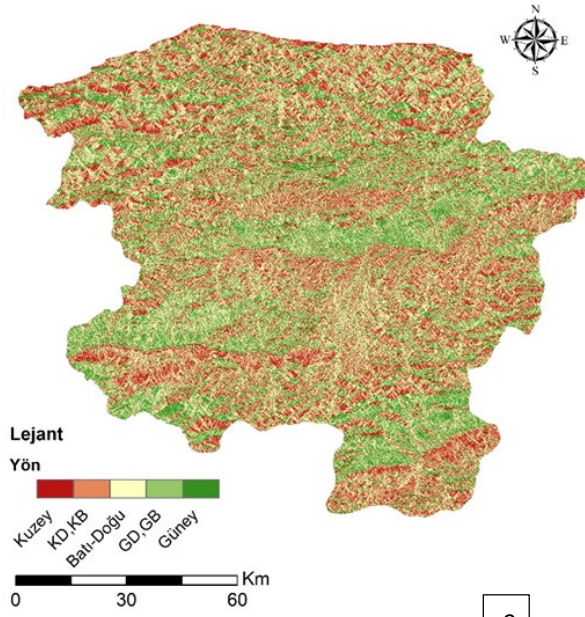
a

KASTAMONU EĞİM HARİTASI

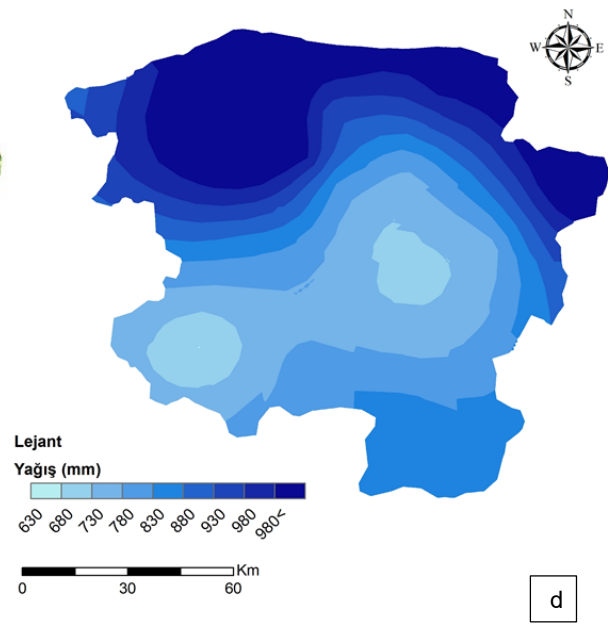


b

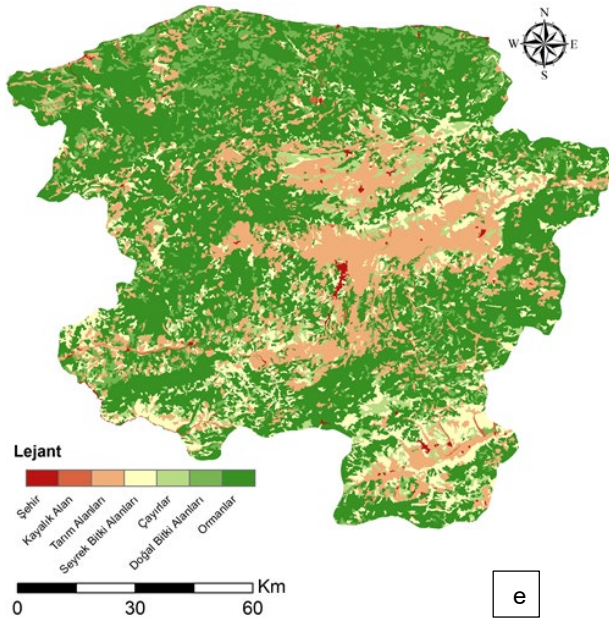
KASTAMONU BAKI HARİTASI



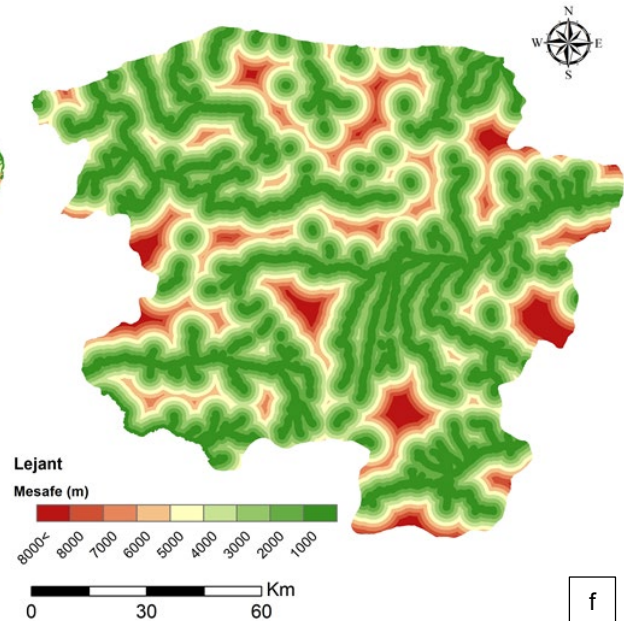
KASTAMONU YAĞIŞ HARİTASI

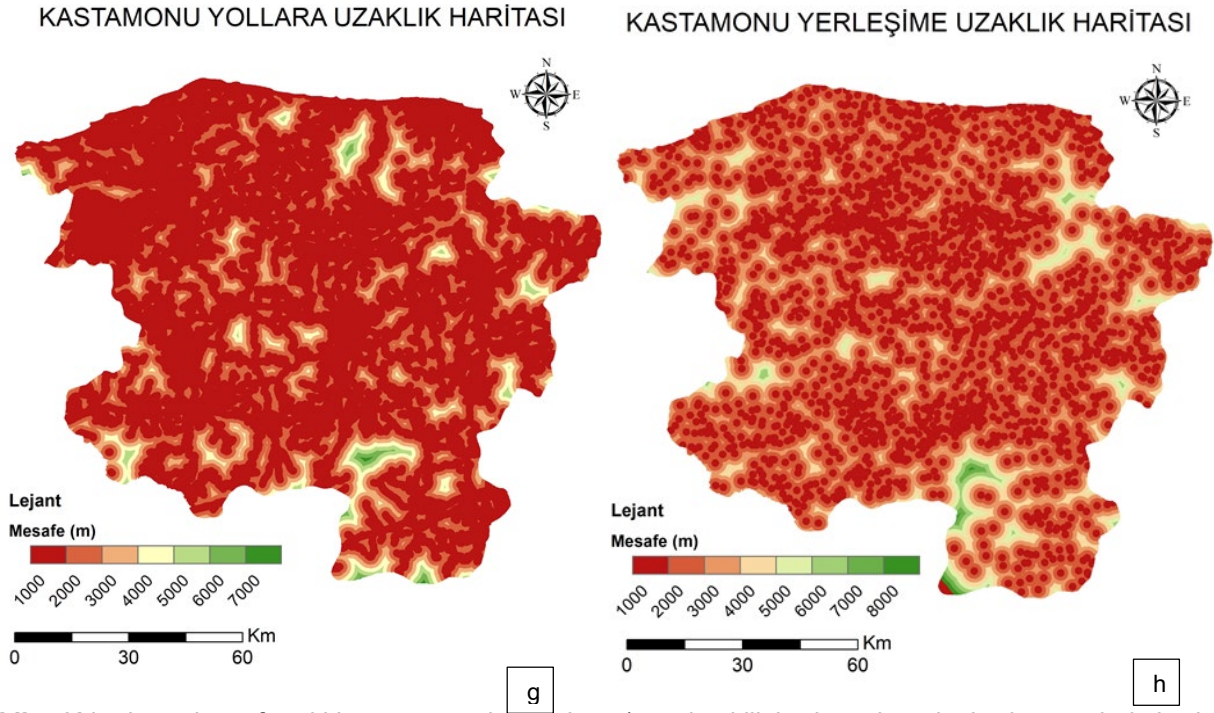


KASTAMONU ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI



KASTAMONU AKARSUYA UZAKLIK HARİTASI





Şekil 4. Kriterlere ait sınıf aralıkları ve uygunluk haritası (a: yükseklik haritası, b: eğim haritası, c: baki haritası, d: yağış haritası, e: arazi örtüsü haritası, f: su kaynaklarına uzaklık haritası, g: yollara uzaklık haritası, h: yerleşim yerlerine uzaklık haritası)

Figure 4. Class intervals and suitability map of the criteria (a: elevation map, b: slope map, c: aspect map, d: precipitation map, e: land cover map, f: distance to water resources map, g: distance to roads map, h: distance to settlements map)

Kriter uygunluk haritaları incelendiğinde; yükselti değerleri 290 m ile 2302 m arasında değişmektedir. Haritada görüldüğü üzere kuzey kesimler ve kıyıya yakın alanlar düşük rakımlı, güney ve güneydoğu kesimler ise yüksek dağlık alanlar şeklindedir. Arıcılık faaliyetlerinde yükselti, iklim koşullarını ve bitki tür çeşitliliğini belirleyen en kritik faktörlerden biridir. Literatüre göre 1000 m altındaki yükselti arıcılık açısından en uygun aralık olarak kabul edilmektedir (Elmastaş vd. 2022; Mercan 2023). Kastamonu'nun önemli bir kısmı bu yükselti aralığında yer almakta olup, bu durum arıcılık faaliyetleri için oldukça elverişli koşullar sunmaktadır. Ancak 2000 m'nin üzerindeki dağlık bölgeler, düşük sıcaklık ve kısa vejetasyon dönemi nedeniyle arıcılık açısından sınırlı bir potansiyele sahiptir.

Yükseltiye ek olarak, eğim faktörü de arıcılık açısından belirleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Eğim haritasına bakıldığında, Kastamonu ili genelinde büyük ölçüde düşük ve orta eğimli alanların bulunduğu görülmektedir. Bu durum, arıcılık faaliyetleri açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Özellikle 0–15% aralığında kalan bölgeler, kovan yerleşimi için güvenli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak, 30%'un üzerindeki dik eğimli sahalar arıcılık açısından uygun değildir ve bu alanlar değerlendirme dışı bırakılmalıdır.

Diğer yandan, eğim kadar önemli olan bir diğer topografik faktör bakıdır. Baki faktörü, güneşlenme süresi, sıcaklık ve bitki örtüsü gelişimi üzerinde doğrudan etkilidir. Haritadan görüldüğü üzere Kastamonu'da güney ve güneydoğuya bakan

yamaçların geniş alan kapladığı, buna karşılık kuzey yönlü eğimlerin de yoğun şekilde bulunduğu tespit edilmiştir. Arıcılık açısından güney ve güneydoğu bakılar daha avantajlıdır; çünkü bu alanlarda güneşlenme süresi daha fazladır ve bitki örtüsü daha erken gelişmektedir. Buna karşın, kuzeye bakan yamaçlar, gölgeli ve serin koşulları nedeniyle nektar üretimi açısından daha düşük potansiyele sahiptir.

Topografik faktörlerin yanı sıra iklimsel koşullar da arıcılık faaliyetlerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu bağlamda yağış dağılımı, bitki örtüsünün sürekliliği ve nektar kaynaklarının devamlılığı açısından kritik öneme sahiptir. Kastamonu'da yıllık ortalama yağış miktarı 630 mm ile 1100 mm arasında değişmektedir. Harita incelendiğinde açık mavi tonlarla gösterilen alanlar görece düşük, koyu mavi tonlarla ifade edilen alanlar ise yüksek yağış miktarlarına karşılık gelmektedir. Bu doğrultuda, ilin kuzey ve kuzeybatı kesimlerinin özellikle Karadeniz kıyısına yakın bölgelerde en yüksek yağış değerlerine sahip olduğu, iç ve güneydoğu bölümlerine doğru gidildikçe yağış miktarının kademeli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Kastamonu'nun büyük bir bölümünün 800 mm'nin üzerinde yağış alan sahalarda yer alması, arıcılık için ekolojik avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, yağışın düşük olduğu kesimlerde verimlilik sınırlı olabilmektedir.

İklimsel koşulların sağladığı bu temel avantajların yanı sıra, arıcılığın başarısını doğrudan etkileyen bir diğer önemli çevresel unsur ise bitki örtüsünün yapısı ve dağılımıdır. Bu dağılım, arıcılık faaliyetlerinin başarısını doğrudan etkileyen en

önemli çevresel faktörlerden biridir. Harita incelendiğinde, Kastamonu'nun büyük bir bölümünde ormanlık alanların yoğunlukta olduğu ve bu alanların yeşil renk ile gösterildiği görülmektedir. Ormanlar, zengin bitki örtüsü ve çeşitli nektar kaynakları barındırmaları nedeniyle arıcılık açısından son derece elverişli koşullar sunmaktadır. Özellikle doğal bitki alanları ve çayırların yayılım gösterdiği bölgeler, arı kolonilerinin beslenme ve bal üretimi açısından yüksek potansiyele sahiptir. Buna karşın şehirleşmiş alanlar, kayalık bölgeler ve tarım arazileri gibi kırmızı ve turuncu renklerle temsil edilen bölgeler, nektar kaynağının sınırlı olması nedeniyle arıcılık açısından uygun değildir. Ayrıca, seyrek bitki örtüsüne sahip alanlar da kolonilerin yeterli besin kaynağı bulmasını zorlaştırabileceğinden tercih edilmemelidir (Goulson 2010). Bu veriler ışığında, Kastamonu'nun özellikle kuzey ve batı kesimlerinde yoğunlaşan orman ve doğal bitki örtüsüne sahip alanların arıcılık için yüksek derecede uygunluk gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Ancak yalnızca doğal kaynakların varlığı yeterli değildir; bu alanlara erişim kolaylığı ve ulaşım mesafesi de arıcılık faaliyetlerinin etkinliği açısından kritik bir diğer boyutu oluşturmaktadır. Arıcılık faaliyetlerinde ulaşılabilirlik, hem kovanların taşınması hem de üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir etkidir. Yollara uzaklık haritasına göre, 5000 m ve üzerindeki mesafelerde konumlanan bölgeler yeşil tonlarla gösterilmekte olup arıcılık açısından en uygun konumları temsil etmektedir. Bu durum, özellikle trafik, araç gürültüsü, egzoz gazı, habitat parçalanması gibi insan kaynaklı stres faktörlerinden uzak durulmasına olanak tanımaktadır (Carreck ve Williams 1998). Ayrıca, yol ağından uzak alanlarda pestisit ve diğer tarımsal kimyasallara maruz kalma riski daha düşük olduğundan arı kolonilerinin sağlığı ve bal verimi olumlu yönde etkilenmektedir (Breeze vd. 2014). Buna karşın, 1000–3000 m mesafelerinde bulunan ve kırmızı tonlarla gösterilen bölgeler, yolların yakınında yer aldıkları için daha fazla insan faaliyetine maruz kalmakta ve bu durum koloni sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Orta düzeyde uygunluk gösteren 4000 m civarındaki alanlar ise hem ulaşım açısından çok zorlayıcı olmayan hem de insan etkilerinden nispeten uzak konumlarıyla alternatif olarak değerlendirilebilir. Özellikle güney ve doğu kesimlerinde yol ağından uzak alanların bulunması, bu bölgelerin insan etkisinin daha az hissedildiği potansiyel arıcılık sahaları olarak öne çıkmasına olanak tanımaktadır.

Ulaşım olanaklarının yanı sıra, arı kolonilerinin sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmeleri için su kaynaklarına yakınlık da göz önünde bulundurulması gereken bir diğer temel faktördür. Su kaynaklarının yakınlığı, arıcılık faaliyetlerinde kolonilerin yaşam döngüsünü sürdürebilmeleri açısından hayati bir unsurdur. Harita incelendiğinde, akarsulara 1000–4000 m mesafede bulunan yeşil tonlu bölgeler en yüksek uygunluk potansiyeline

sahiptir. Özellikle kuzey ve batı kesimlerinde yoğunlaşan akarsu ağlarının çevresinde geniş uygunluk alanlarının bulunması, arı kolonilerinin suya erişimini kolaylaştırmakta ve nektar üretimi açısından yüksek verimlilik sağlamaktadır. Çünkü akarsu yakınlarındaki alanlarda bitki çeşitliliğinin ve çiçeklenme süresinin daha uzun olması, nektar kaynaklarının sürekliliğini artırmakta ve bal üretim kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir (Potts vd. 2010). Öte yandan, akarsulardan uzaklaştıkça bitki çeşitliliği azalmakta ve arı kolonilerinin su temininde zorluklar yaşanabilmektedir (Nicolson 2009). Bu nedenle, özellikle akarsuya yakın ve bitki örtüsünün zengin olduğu bölgelerin arıcılık açısından öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından önemli kabul edilen bir diğer kriter olan yerleşim alanlarına uzaklık haritasına bakıldığında, yerleşim birimlerinden 5000 m ve üzeri uzaklıktaki bölgelerin yeşil tonlarla gösterildiği ve bu alanların arıcılık açısından en uygun sahaları temsil ettiği görülmektedir. Yerleşim alanlarından uzak bölgelerde arı kolonileri, gürültü, ışık kirliliği, tarımsal kimyasallar ve habitat parçalanması gibi insan kaynaklı baskılardan daha az etkilenmekte ve bu da koloni davranışlarının doğal seyrinde devam etmesini sağlamaktadır (Elmastaş vd. 2022).

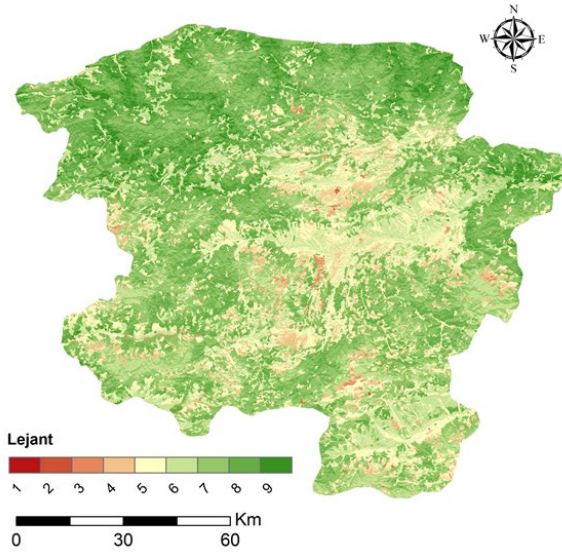
Öte yandan, yerleşim merkezlerine 1000–3000 m mesafede konumlanan kırmızı tonlu alanlar arıcılık açısından daha düşük uygunluk göstermektedir. Bu bölgelerde artan insan faaliyetleri, pestisit kullanımı ve tarımsal uygulamalar arı sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmakta, özellikle pestisit maruziyeti arı mortalitesini artırmakta ve bal verimini düşürmektedir (Goulson vd. 2015; Tosi vd. 2018). Ayrıca yerleşim alanlarına çok yakın bölgelerde bulunan koloniler, çevresel stres faktörleri nedeniyle hastalıklara ve parazitlere karşı daha hassas hâle gelebilmektedir (Potts vd. 2010).

Sonuç olarak, Kastamonu ili özelinde yerleşim alanlarından uzak, ekosistem bütünlüğünün daha iyi korunduğu yeşil tonlu bölgeler arıcılık faaliyetleri açısından yüksek uygunluk potansiyeline sahiptir. Bu alanların tercih edilmesi, hem arı kolonilerinin sağlıklı gelişimi ve verimliliğini artıracak hem de insan–arı etkileşiminden kaynaklanabilecek olumsuzlukların önüne geçecektir.

Detaylı olarak değerlendirilen tüm çevresel ve topografik kriterler arıcılık faaliyetlerinin mekansal planlamasında birbirini tamamlayan bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu faktörlerin her biri tek başına yeterli olmamakla beraber arıcılık açısından en uygun alanların belirlenebilmesi için bu kriterlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, her bir kriter için oluşturulan uygunluk haritaları CBS ortamında ağırlıklandırılarak üst üste bindirilmiş ve ağırlıklı çakıştırma analizi ile bütüncül bir değerlendirme yapılmıştır. Böylece farklı kriterlerin birlikte ele alınmasıyla ortaya çıkan nihai arıcılık uygunluk haritası oluşturulmuş ve Şekil 5'te sunulmuştur.

Kastamonu ili için yapılan ağırlıklı bindirme (weighted overlay) analizi sonucunda oluşturulan arıcılık uygunluk haritasında, il genelinde farklı derecelerde uygunluğa sahip alanların dağılımı açıkça görülmektedir. Haritada koyu yeşil tonlarla ifade edilen alanların yüksek uygunluk düzeyine sahip olduğu, kırmızı ve turuncu tonlarla gösterilen bölgelerin ise düşük uygunluk taşıdığı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre ilin kuzey, kuzeydoğu ve kısmen batı kesimlerinde arıcılık açısından oldukça elverişli alanların yoğunlaştığı, orta ve güney kesimlerde ise uygunluk düzeyinin kademeli olarak azaldığı tespit edilmiştir.

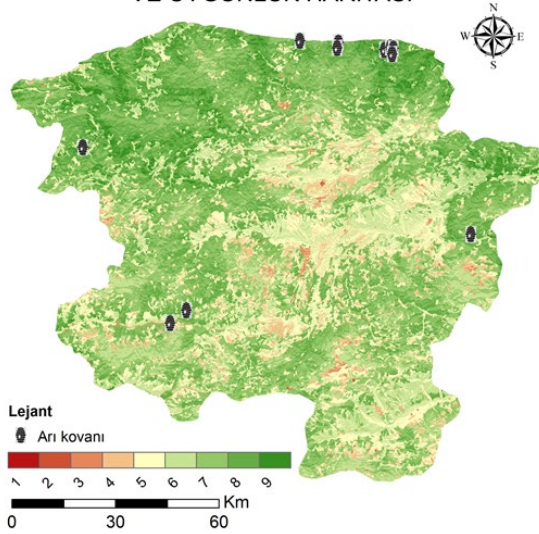
KASTAMONU ARICILIK İÇİN UYGUNLUK HARİTASI



Şekil 5. Kastamonu ili uygun arıcılık yerleri haritası

Figure 5. Map of suitable beekeeping locations in Kastamonu province

KASTAMONU MEVCUT ARICILIK KONUMLARI VE UYGUNLUK HARİTASI



Şekil 6. Mevcut arıcılık yerleri ve uygun olan yerlerin kesişimi haritası

Figure 6. Map of the intersection of existing beekeeping locations and suitable locations

Yüksek uygunluk sınıfında yer alan alanların çoğunlukla düşük eğimli, yoğun orman örtüsüne sahip ve yerleşim alanlarından uzak bölgeler olduğu buna karşılık, düşük uygunluk alanlarının yerleşim birimleri, yoğun tarım yapılan sahalara ve eğim değeri yüksek topografik alanlarda bulunduğu görülmektedir. İl genelinde 6–9 sınıf aralığı baz alındığında, Kastamonu'nun %93,98'lik bir kısmının arıcılık faaliyetleri için uygun olduğu saptanmıştır. Bu durum, arıcılığın ekolojik ve biyofiziksel koşullara bağlı bir faaliyet olması nedeniyle doğal çevresel faktörlerin mekansal uygunluk üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Mevcut arıcılık konumlarının uygunluk haritası üzerinde gösterilmesiyle elde edilen bulgular, pratikte yürütülen faaliyetlerle model sonuçlarının karşılaştırılmasına imkan tanımaktadır (Şekil 6.). Haritada görüldüğü üzere, mevcut arı kovanlarının büyük bir kısmının yüksek uygunluk sınıflarına (7–9) denk gelen alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, arıcıların faaliyetlerini yürütürken iklim, bitki örtüsü ve ulaşım olanakları gibi pratik koşulları göz önünde bulundurarak doğal olarak daha elverişli bölgeleri tercih ettiklerini göstermektedir. Buna karşın, bazı kovanların düşük-orta uygunluk sınıflarına (3–5) denk gelen sarı ve kırmızı tonlarıyla gösterilen alanlarda da yer aldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, uygunluk haritasında düşük-orta potansiyele sahip bölgelerde dahi kovan yoğunluğunun bulunduğunu ortaya koymakta ve harita ile saha uygulamaları arasında bir çelişki olduğunu göstermektedir. Arıcılar, ulaşım kolaylığı, arıcılık sezonunun uzunluğu ve lojistik faktörler gibi pratik nedenlerle kovanlarını bu alanlara yerleştirmiş olsa da, bu tercihler biyolojik ve çevresel potansiyeli yeterince değerlendirmemelerine yol açmaktadır; dolayısıyla bazı kovanların verimliliği, uygunluk haritasının öngördüğü potansiyele kıyasla daha düşük olabilmektedir.

TARTIŞMA

Çalışmanın bütününe bakıldığında, elde edilen bulgular literatürde bildirilen çalışmalarla büyük ölçüde tutarlılık göstermektedir. Örneğin, Demir (2023) tarafından Kars ilinde yapılan CBS ve AHP tabanlı analizde, uygun arıcılık alanlarının mevcut kovan yerleşimleriyle yüksek derecede örtüştüğü raporlanmıştır. Benzer şekilde, Mercan (2023) Bitlis'te arazi özellikleri ve ekosistem faktörlerini dikkate alarak uygun alanları belirlemiş ve orta yükselti ile uygun eğim koşullarının belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Uluslararası çalışmalar da benzer eğilimleri desteklemektedir; Zoccali (2017) ve Fernandez vd. (2016) GIS tabanlı ÇKVV yöntemleriyle uygun arıcılık alanlarını başarıyla belirlerken, su kaynakları, bitki örtüsü ve topoğrafik koşulların karar sürecinde kritik rol oynadığını göstermiştir. Widiatmaka vd. (2016) ise Endonezya'da CBS ve AHP uygulayarak uygun alanların orman çevresinde yoğunlaştığını ortaya koymuştur.

Kastamonu ili özelinde yürütülen bu çalışma kapsamında, arıcılığa uygun alanların belirlenmesinde yükselti, eğim, bakı, yağış, arazi örtüsü ile su kaynaklarına, yollara ve yerleşim alanlarına uzaklık kriterleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; 1000 m altındaki yükseltiler, düşük ve orta eğimli (%0–15) araziler, güney ve güneydoğu bakı, 800 mm'nin üzerinde yağış alan bölgeler, orman ve doğal bitki örtüsüne sahip sahalara ile yollardan ve yerleşim alanlarından uzak, su kaynaklarına yakın alanların arıcılık açısından en yüksek uygunluğa sahip olduğunu göstermektedir. Ağırlıklı bindirme analizi sonucunda Kastamonu ilinin %93,98'inin arıcılık açısından uygun olduğu belirlenmiş, mevcut kovanların büyük bir bölümünün orta ve yüksek uygunluk sınıflarında yer aldığı saptanmıştır. Bu durum, arıcıların genel olarak ekolojik açıdan elverişli alanları tercih ettiklerini ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, hem ulusal hem de uluslararası çalışmalarla genel olarak uyumlu olup, çok kriterli CBS tabanlı analizlerin arıcılık faaliyetleri için uygun alanların belirlenmesinde güvenilir ve tutarlı bir yöntem olduğunu göstermektedir. Arazi özellikleri, ekosistem faktörleri ve mevcut insan faaliyetleri birlikte değerlendirildiğinde, bu yaklaşımın arıcılık planlamasında stratejik bir karar destek aracı olarak kullanılabilirliği ve sürdürülebilir arıcılık uygulamaları ile kırsal kalkınmanın desteklenmesi açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, arıcılık potansiyelinin daha doğru belirlenebilmesi amacıyla güncel, detaylı ve yüksek çözünürlüklü yerel veri setlerinin kullanılması önerilmektedir. Uzun dönemli uydu ve iklim verilerinin entegrasyonu ile zaman serisi analizlerinin yapılması, iklim ve arazi kullanım değişimlerinin arıcılık üzerindeki etkilerinin ortaya konmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, mevcut kovan yerleşimleri ve yerel üretici deneyimlerinin analizlere dahil edilmesi, sonuçların sahadaki uygulanabilirliğini artıracaktır. Uygunluk analizlerinin, sürdürülebilir arıcılık stratejilerinin geliştirilmesi ve kırsal kalkınma planlamasına entegre edilmesi, karar vericiler açısından yol gösterici bir araç olarak değerlendirilmelidir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Çalışma tek yazar tarafından gerçekleştirilmiş olup yazar, makaleyi tasarlamış, yazmış ve düzenlemiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Bildirilecek bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Beyanı: Etik onayı için geçerli bir gereklilik yoktur.

Finansman: Çalışmada herhangi bir mali kaynak kullanılmamıştır.

Veri Kullanılabilirliği: Çalışma sırasında kullanılan ve analiz edilen tüm veriler ve materyaller makalede mevcuttur.

Teşekkür: Çalışmanın arazi çalışmalarına katkı sağlayan Prof. Dr. Mustafa YAMAN'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Abou-Shaara HF, Al-Ghamdi AA, Mohamed AA. A suitability map for keeping honey bees under harsh environmental conditions using geographical information system. *World Appl Sci J.* 2013;22:1099–1105.
- Akın MŞ, Yılcıncı A. Kırsal kalkınma için arıcılığın önemi: Refahiye örneği. *İst. Sabahattin Zaim Üniv. Sos. Bil. Derg.* 2022;9(19):33-48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/izusb>
- Arıcılık Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 30.11.2011, Sayı: 28128. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15529&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 25.09.2025).
- Bareke T, Haile G, Addi A, Wakjira K. Ecological suitability analysis for beekeeping using GIS and AHP model in Gedeo Zone of Southern Ethiopia. *J Basic Appl Res Int.* 2024;30(1):9–23. doi:10.56557/jobari/2024/v30i18589
- Breeze TD, Bailey AP, Balcombe KG, Potts SG. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agric Ecosyst Environ.* 2014;191:39–47.
- Burucu V, Gülse Bal HS. Türkiye'de arıcılığın mevcut durumu ve bal üretim öngörüsü. *Tarım Ekon Arş Derg.* 2017;3(1):28–37.
- Carreck NL, Williams IH. The economic value of bees in the UK. *Bee World.* 1998;79(3):115-123. doi:10.1080/0005772X.1998.11099393
- Ceylan DA, Sarı F. Konya ili için çok ölçütlü karar analizleri ile en uygun arıcılık yerlerinin belirlenmesi. *Uludag Bee J.* 2017;17(2):59–71.
- Climate Data. <https://en.climate-data.org/>. (Erişim Tarihi: 29.10.2025)
- Cotrina-Sanchez A, García L, Sari F, Bandopadhyay S, Rojas-Briceño NB, Meza-Mori G, vd. Multicriteria analysis in apiculture: A sustainable tool for rural development in communities and conservation areas of Northwest Peru. *Land.* 2023;12(10):1900. doi:10.3390/land12101900
- Çağlıyan A. Bitlis ilinde arıcılık faaliyetleri. *Coğrafya Derg.* 2015;(30):1–25.
- Çevrimli MB, Sakarya E. Arıcılık ekonomisine giriş ve saha verileri ile bir değerlendirme. *Vet Farmakol Toksikol Der Bül.* 2019;10(1):40–48.
- Demir M. CBS tabanlı AHP yöntemi kullanılarak Kars ilinde arıcılık potansiyeli taşıyan

- alanların belirlenmesi. *Uludag Bee J.* 2024;24(1):1–25. doi:10.31467/uluaricilik.1355161.
- Elmastaş N, Ölmez İ, Vural E. Suitability analysis of apiculture (beekeeping) activity areas with multi-criteria method: A case study of Adiyaman. *J Geogr.* 2022;(44):19–30. doi:10.26650/JGEOG2022-894419
- Estoque RC, Murayama Y. Suitability analysis for beekeeping sites integrating GIS and MCE techniques. In: Murayama Y, Thapa RB, eds. *Spatial Analysis and Modeling in Geographical Transformation Process*. The GeoJournal Library, Springer, Dordrecht; 2011. p.215–233. doi:10.1007/978-94-007-0671-2_13
- Everest T, Gür E. A GIS-based land evaluation model for peach cultivation by using AHP: a case study in NW Turkey. *Environ Monit Assess.* 2022;194(4):1–15. doi:10.1007/s10661-022-09898-6
- Fernandez P, Roque N, Anjos O. Spatial multicriteria decision analysis to potential beekeeping assessment: Case study Montesinho Natural Park (Portugal). In: 19th AGILE Int Conf on Geographic Information Science – Geospatial Data in a Changing World. Helsinki, Finland; 2016.
- Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M. A., Bommarco R., Cunningham S. A., Kremen C., Carvalheiro L. G., Harder L. D., Afik O., Bartomeus I., Benjamin F., Boreux V., Cariveau D., Chacoff N. P., Dudenhöffer J. H., Freitas B. M., Ghazoul J., Greenleaf S., Hipólito J., Holzschuh A., Howlett B., Isaacs R., Javorek S. K., Kennedy C. M., Krewenka K. M., Krishnan S., Mandelik Y., Mayfield M. M., Motzke I., Munyuli T., Nault B. A., Otieno M., Petersen J., Pisanty G., Potts S. G., Rader R., Ricketts T. H., Rundlöf M., Seymour C. L., Schüepp C., Szentgyörgyi H., Taki H., Tscharrntke T., Vergara C. H., Viana B. F., Wanger T. C., Westphal C., Williams N., Klein A. M. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339,1608-1611(2013). DOI:10.1126/science.1230200
- Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science.* 2015;347(6229):1255957.
- IPBES. (2016). Polinizatörler, polinasyon ve gıda üretimi üzerine değerlendirme raporunun karar alıcılar için özet raporu (original title: The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production). Birleşmiş Milletler, Hükümetlerarası Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Platformu.
- KASTABİL. Kastamonu ili orman alanı veritabanı. <https://www.kastabil.gov.tr/veritablolari/kastamonu/tarim-ve-orman/kastamonu-ili-orman-alani> (Erişim tarihi: 25.09.2025).
- Kouchner C. Bee farming system sustainability: An assessment framework in metropolitan France. *Agric Syst.* 2019;176:1–8.
- Maris N, Mansor S, Shafri H. Apicultural site zonation using GIS and multi-criteria decision analysis. *Pertanika J Trop Agric Sci.* 2008;31(2):147–162.
- Mercan Ç. Coğrafi bilgi sistemi ve AHP ile arıcılık faaliyet alanları için arazi uygunluk değerlendirmesi: Bitlis/Türkiye örneği. *Uludag Bee J.* 2023;23(1):61–77. doi:10.31467/uluaricilik.1245078
- Nicolson SW. Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. *J Exp Biol.* 2009;212(3):429–434. doi:10.1242/jeb.022343
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol.* 2010;25(6):345–353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007
- Roque N, Fernandez P, Silveira C, Vilas-Boas M, Anjos O. Using analytic hierarchy process to assess beekeeping suitability in Portuguese controlled areas: a first approach. *Insects.* 2024;15(2):91. doi:10.3390/insects15020091
- Sarı F, Kandemir İ, Ceylan DA, Gül A. Using AHP and PROMETHEE multi-criteria decision making methods to define suitable apiary locations. *J Apic Res.* 2020a;59(4):546–557. doi:10.1080/00218839.2020.1718341
- Sarı F, Ceylan DA, Özcan MM, vd. A comparison of multicriteria decision analysis techniques for determining beekeeping suitability. *Apidologie.* 2020b;51:481–498. doi:10.1007/s13592-020-00736-7
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). Arıcılık Ürün Raporu. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 20.09.2025).
- Tennakoon S, Apan A, Maraseni T, Altarez RD. Decoding the impacts of space and time on honey bees: GIS-based fuzzy AHP and fuzzy overlay to assess land suitability for apiary sites in Queensland, Australia. *Appl Geogr.* 2023;155:102951. doi:10.1016/j.apgeog.2023.102951
- Tosi S, Burgio G, Nieh JC. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. *Sci Rep.* 2018;8(1):1–8.
- TÜRKPATENT. Türk Patent ve Marka Kurumu. <https://ci.turkpatent.gov.tr/> (Erişim tarihi: 23.09.2025).

- Weldetatiyos HH. GIS-based beekeeping site suitability assessment using multi criteria decision analysis in Atsbi-Wemberta District, Ethiopia. Mekelle Univ., Yüksek Lisans Tezi, Mekelle, 2025. <https://repository.mu.edu.et/items/7ce8d2a5-3f1b-42cf-9692-924357134a84> (Erişim tarihi: 26.09.2025).
- Widiatmaka, Ambarwulan W, Sjamsudin CE, Syaufina L. Geographic information system and analytical hierarchy process for land use planning of beekeeping in forest margin of Bogor Regency, Indonesia. *J Silvikultur Tropika*. 2016;7(3):s50–s57. doi:10.29244/j-siltrop.7.3
- Yalçın H, Ağaçsapan B, Çabuk A. Coğrafi bilgi sistemleri ile uygun arıcılık yerlerinin belirlenmesi. *GSI J Ser C Adv Inf Sci Technol*. 2019;1(2):1–15.
- Yaman Ş, Yaman M. Determination of suitable beekeeping places by weighted overlay analysis: a case study of Bolu. *Uludag Bee J.* 2023;23(2):239–251.
- Yaman Ş, Yaman M. Determination of suitable beekeeping places in Sinop province (Türkiye) by weighted overlay analysis. *Black Sea J Eng Sci*. 2024;7(4):764–770. doi:10.34248/bsengineering.1436087
- Yılmaz E, Sesli FA, Uzun ÖF. Determining suitable places for beekeeping activities with geographical information systems: a case of Şavşat district. *BSJ Eng Sci*. 2021;4(3):111–116.
- Yiğit N, Seki N, Öztürk Pulatoğlu A. Abana ve Bozkurt (Kastamonu) yörelerinde kestane balı üretilen ormanların florası. *Turk J For*. 2023;24(2):69–79. doi:10.18182/tjf.1279653
- Zoccali P, vd. A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands. *Saudi J Biol Sci*. 2017;24(6):1185–1193. doi:10.1016/j.sjbs.2017.01.062.



©2026 Bursa Uludag University
International copyright: CC BY-NC-ND 4.0
This article is licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0
To view a copy of this licence, visit: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>